



Un modèle stratégique de simulation des déplacements urbains. Conception et aspects méthodologiques

Charles Raux, Etienne Lhomet, Sophie Masson

► To cite this version:

Charles Raux, Etienne Lhomet, Sophie Masson. Un modèle stratégique de simulation des déplacements urbains. Conception et aspects méthodologiques. RTS - Recherche Transports Sécurité, 1996, 52, pp. 31-43. halshs-00140260

HAL Id: halshs-00140260

<https://shs.hal.science/halshs-00140260>

Submitted on 22 Oct 2010

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Ce document vous est proposé avec l'aimable autorisation de l'éditeur scientifique et des auteurs, maîtres des droits. La présente version en PDF est sous le copyright de l'INRETS (<http://www.inrets.fr/>) - 1996. Ce document est protégé en vertu de la loi du droit d'auteur.

With the editors and the publisher of the copyright agreement. The present version in PDF is under the copyright of INRETS (<http://www.inrets.fr/>).

Charles RAUX

Laboratoire d'économie des transports
Maison Rhône Alpes des sciences
de l'homme
14, avenue Berthelot
69363 Lyon cedex 07

Étienne LHOMET

SEMALY
25, cours Émile Zola
69625 Villeurbanne cedex

Sophie MASSON

Laboratoire d'économie des transports
Maison Rhône Alpes des sciences
de l'homme
14, avenue Berthelot
69363 Lyon cedex 07

Un modèle stratégique de simulation des déplacements urbains

Conception et aspects méthodologiques

Après un certain repli sur la gestion à court terme des systèmes de transports urbains, constaté lors de la dernière décennie, et largement provoqué par des contraintes de rareté de ressources, la nécessité d'une dimension stratégique de la planification urbaine semble refaire surface. En témoignent l'élaboration de Dossiers de voirie d'agglomération dans plusieurs grandes villes françaises et le besoin exprimé par divers comités techniques de disposer d'outils adéquats de simulation de stratégies de développement du système de transport à long terme, c'est-à-dire au-delà de quinze ans.

Cette simulation stratégique doit prendre en compte des options politiques plus volontaristes en ce qui concerne l'orientation des choix des usagers : les préoccupations environnementales de court ou de très long terme, comme les préoccupations d'efficacité socio-économique du système de transports urbains (privé et public) impliquent, à plus ou moins brève échéance, la mise en place de mesures réglementaires et tarifaires pour réorienter la demande vers des modes moins gourmands en ressources environnementales ou même pour diminuer la mobilité motorisée. C'est ainsi que cette simulation stratégique doit être résolument multi-modale, pre-

nant en compte dans son mécanisme les interactions entre modes de transports, à travers notamment leurs prix et vitesse relatifs.

Plus précisément il s'agit de pouvoir modéliser, à l'échelle d'une agglomération, les conséquences de diverses politiques de développement de réseaux de transports, de développement urbain en général et de cadre de vie. Les questions posées peuvent être par exemple : Quel développement urbain est induit par tel ou tel scénario de voirie à long terme ? Quels sont les effets d'une saturation de la voirie sur le choix du mode de transport ? Quels sont les effets de scénarios de péage urbain de régulation de la circulation, aux entrées d'agglomération ou dans les zones centrales ?

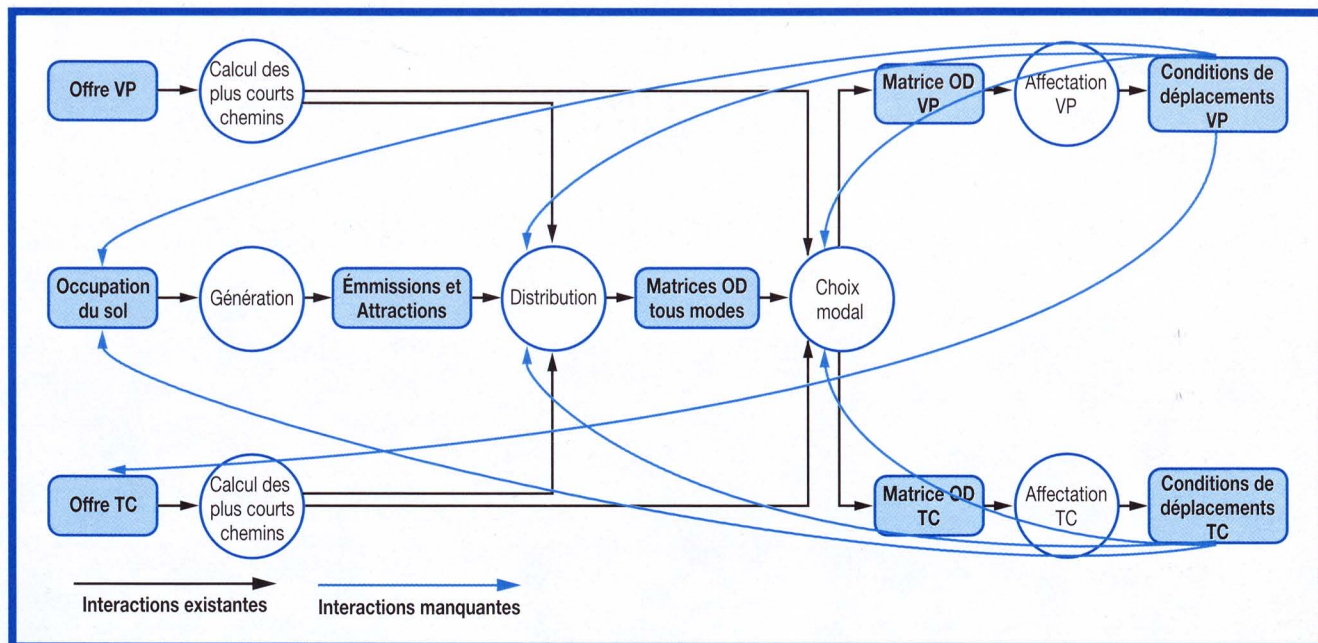
L'objectif est donc de pouvoir simuler rapidement de nombreux scénarios correspondant à diverses options stratégiques d'organisation des transports à long terme, à l'aide d'un outil pédagogique simple et souple, sous diverses hypothèses d'évolution des comportements de mobilité ou d'urbanisation. Il s'agit non pas de fournir les prévisions détaillées d'un futur inéluctable mais de fournir des évaluations, sous forme d'ordres de grandeur ou de fourchettes de valeurs, correspondant à plusieurs situations contrastées qui découleraient d'op-

tions volontaristes. Sous cet aspect, les modèles stratégiques ont un rôle pédagogique auprès des acteurs du système de transport et plus généralement des collectivités locales, en permettant de confronter les stratégies de transport avec leurs visions du devenir de l'agglomération.

En regard de ces objectifs, les outils existants n'offrent que peu de réponses. Des logiciels permettant d'élaborer des modèles mono-modaux (qui ne traitent que d'un seul mode de transport) ont été développés en France depuis de nombreuses années (Davis pour l'automobile et Terese pour les transports collectifs). Des logiciels multimodaux ont été développés aux États-Unis (Tranplan et Minutp), au Canada (Emme 2), en Angleterre (Trips) et en Suisse (Polydrome). Toutefois, ces modèles ou logiciels ne permettent pas vraiment de simuler des politiques stratégiques de transport sur une agglomération. Certes ils permettent des variations sur le thème du modèle à quatre étapes (cf. figure 1), à savoir la génération, dont le but est de fabriquer des émissions et des attractions par zone ; la distribution, qui produit des matrices de flux entre zones ; la répartition modale, qui sépare ces matrices en matrices des déplacements en voiture particulière et matrices des déplacements en trans-

FIGURE 1

Architecture d'un modèle à quatre étapes et interactions à développer.



ports en commun ; l'affectation, qui estime des charges en voiture particulière et en transports en commun sur les réseaux. Les boîtes à outils sont très bien fournies, mais se prêtent mal à des simulations de stratégies. Elles souffrent en effet à cet égard de deux défauts majeurs qui sont la lenteur et la lourdeur.

La lenteur de ces outils découle de l'objectif qui leur est assigné, à savoir le calcul des charges sur les réseaux de voirie et de transports en commun, ce qui nécessite d'utiliser un découpage nécessairement fin (plus de cent zones pour une agglomération millionnaire). Cela implique un temps de recherche d'information et d'interprétation des résultats non négligeable. La lourdeur vient de la conception même de ces outils. Les quatre étapes sont traitées séquentiellement, ce qui ne permet pas de traiter facilement les rétroactions. Pourtant les résultats finaux, tels que le degré de congestion de la voirie ou les taux d'occupation du réseau de transport public, peuvent avoir des impacts importants sur les trois premières étapes : effet de la congestion à moyen ou long terme sur les décisions de localisations résidentielles ou professionnelles des ménages, remise en cause du niveau de mobilité ou des choix de motorisation.

La modélisation de ces interactions est théoriquement possible avec les logiciels existants, mais est en fait difficile parce que, d'une part chaque

retour en arrière se traduit par la saisie de nombreux paramètres, ce qui n'est pas toujours automatique, d'autre part le processus n'est pas toujours convergent : cela rend la mise en œuvre de ces interactions assez difficile, sinon souvent inexistante dans la pratique. La figure 1 expose la structure d'un modèle classique en quatre étapes et les interactions à mettre en œuvre. C'est entre autres l'amélioration de la mise en œuvre de telles interactions que nous entendons développer.

La notion de modèle stratégique n'est pas nouvelle, puisque par exemple le modèle QuinQuin développé au LET au milieu des années quatre-vingt [Bonnaïfous, 1985], [Bouf, 1989], [Tabourin, 1989] prend en compte cette dimension stratégique de long terme pour évaluer les conséquences de politiques de transport sur les plans du financement des transports publics et de l'encombrement du réseau viaire [Raux et Tabourin, 1992]. Ce modèle reste malgré tout très global sur l'agglomération, tandis que le modèle que nous proposons ici se veut plus sensible aux dimensions spatiales du système urbain. Des modèles stratégiques ont été développés également au Royaume-Uni, dans le cadre d'une série d'études intégrées de transport, notamment sur Londres [Oldfield, 1993], Birmingham [Jones et al., 1990] et Edimbourg [Bates et al., 1991]. Ces

modèles ont pour principe de fonctionner avec un nombre réduit de zones (de l'ordre de la dizaine), une représentation de l'offre de transport non pas sous la forme traditionnelle d'un réseau mais par des relations flux-vitesse entre zones, enfin avec la prise en compte de la rétroaction de l'état de l'offre (congestion) sur la demande. On se référera aussi utilement aux modèles simplifiés de demande [Ortuzar, 1992].

Le modèle stratégique présenté ici se différencie principalement par l'accent explicitement mis sur ces rétroactions, notamment leurs natures différentes selon les motifs des déplacements, ainsi que par la prise en compte, dès le départ, de la possibilité de fonctionnement pas-à-pas permettant de simuler et tester le comportement du système modélisé au cours du temps. Ce modèle existe aujourd'hui à l'état de prototype sur l'agglomération lyonnaise, sa version complète est en cours de réalisation. Cet article traite donc surtout des questions méthodologiques relatives à la réalisation d'un tel modèle. Dans une première section nous présenterons la conception générale du modèle et son architecture. La deuxième section présentera les capacités du modèle à travers quelques exemples d'utilisation. Enfin la dernière section sera consacrée à la discussion du prototype et de son évolution.

L

a conception générale du modèle

Les grands principes qui ont présidé à la conception du modèle sont donc les suivants :

- l'ensemble du système de transport est pris en compte, c'est-à-dire les modes privés et publics, les interactions entre ces modes, les interactions avec le développement urbain et le contexte socio-économique,

- le nombre de zones est réduit, ce qui permet de mieux contrôler les paramètres d'entrée et d'accélérer les temps de saisie, de passage et d'interprétation des résultats ; cette approche nécessite l'abandon d'une description détaillée des réseaux d'infrastructures au profit d'une approche macroscopique de l'offre, représentative cependant des concurrences modales de zone à zone,

- enfin le choix, dans cette phase de conception, d'un logiciel tableur du marché permet, d'une part de ne pas rigidifier la séquence des quatre étapes mais de modifier assez facilement les rétroactions, d'autre part de rendre l'utilisation du modèle simple et relativement transparente.

Critères temporels et spatiaux

Les choix méthodologiques sont largement conditionnés par les données disponibles. Celles-ci consistent essentiellement, pour l'agglomération lyonnaise, en une série d'enquêtes déplacements auprès des ménages, réalisées en 1976, 1986 et 1995 — les résultats de cette dernière enquête devant être bientôt connus —, ainsi que des enquêtes cordon pour les déplacements externes. La disponibilité de ce type de données, ou tout au moins leur estimation, constitue, en première approche, la base minimale pour pouvoir caler le modèle sur une agglomération quelconque. Des travaux supplémentaires peuvent permettre d'affiner ces données : dans notre cas, nous avons utilisé une enquête spécifique du réseau de transports collectifs pour esti-

mer plus précisément les temps de parcours sur ce réseau, ainsi qu'un logiciel d'affectation du trafic pour recalculer les temps de parcours en heure de pointe du soir en voiture particulière et en transports collectifs pour une année de base commune (1990). Ces travaux supplémentaires avaient été réalisés par la SEMALY préalablement à l'étude elle-même et les résultats y ont été capitalisés. Le délai assez court de réalisation de l'étude avec objectif de production d'un prototype explique que nous ayons préféré nous concentrer sur la conception du modèle plutôt que sur la production de nouvelles données : c'est pourquoi le présent prototype a été calibré en fonction de ces bases de données décrivant la situation de 1990 en heure de pointe du soir pour le motif domicile-travail et déplacements secondaires. Comme nous le verrons par la

suite, nous ne nous interdisons pas de remettre en cause le choix de cette période horaire.

La demande de déplacements étudiée est celle qui s'effectue à l'intérieur du périmètre des enquêtes déplacements, à savoir le *Schéma directeur de l'agglomération*, laquelle comptait environ un million deux cent mille habitants en 1990. En ce qui concerne les déplacements externes, c'est-à-dire tous les déplacements d'origine ou de destination externe au périmètre d'étude, leur prise en compte est pour le moment fruste, dans la mesure où ils n'interviennent dans le modèle qu'à partir de la phase d'affectation des flux sur le réseau. L'intérêt cependant de considérer ces types de déplacements, même de façon limitée pour le moment, est de laisser la place au développement ultérieur d'un module de modélisation des déplacements de longue distance.

L'horizon du modèle est 2010, l'année de base étant 1990. Le découpage de la zone d'étude (cf. figure 2) est adapté de l'un des découpages de l'enquête-ménage de

FIGURE 2

Découpage du secteur d'étude.



1986, à savoir dix-huit zones, en subdivisant la zone centrale de Lyon (distinction d'un hypercentre).

L'architecture du modèle stratégique

Le modèle reprend le découpage classique en quatre étapes (génération, distribution, répartition modale, affectation). Toutefois, compte tenu des objectifs spécifiques du modèle stratégique, deux autres modules sont mis en exergue, à savoir l'offre de transport et les paramètres d'occupation du sol. Il s'agit en effet, d'une part de pouvoir introduire des paramètres de commande du système sur l'offre de transport (stationnement, péages, voirie réservée), d'autre part d'analyser explicitement les interactions à long terme avec les localisations des activités. En outre, cette structure est enrichie par l'introduction de boucles de rétroaction (cf. figure 3). Deux effets rétroactifs ont été modélisés.

- Relation 4 : phénomènes de report modal en fonction de l'état de congestion de la voirie.
- Relation 5 : rétroaction des résultats de l'affectation sur la distribution ; l'état du système de trans-

port peut entraîner un changement de lieu de destination, si l'itinéraire correspondant à cette destination devient trop coûteux en temps ou coût généralisé.

Ces deux rétroactions ne se font pas sur le même horizon temporel, car les temps d'adaptation sont supposés ne pas être les mêmes : en effet, les résistances au changement de mode de transport ou au changement de localisation sont différentes.

Les autres relations de l'organigramme sont décrites ci-après.

- Relation 1 : l'évolution de la demande de déplacements est liée à l'évolution des paramètres socio-économiques et d'occupation du sol (modules de génération et de distribution).
- Relations 2 et 3 : à partir de la confrontation de l'offre et de la demande sont établis la répartition modale et les choix d'itinéraires.
- Relation 6 : cette relation vise à traduire les changements des localisations d'activités provoqués, avec le temps, par la qualité de service offerte aux usagers. Cette relation qui n'a pas été modélisée, renvoie au thème des effets structurants sur lequel l'accord s'est fait de ne pas

rechercher une relation directe de cause à effet entre l'offre de transport et les transformations des localisations d'activité. Néanmoins, il peut paraître intéressant de calculer des indicateurs d'accessibilité comme mesure de la variation de la qualité du service offert par le système de transports.

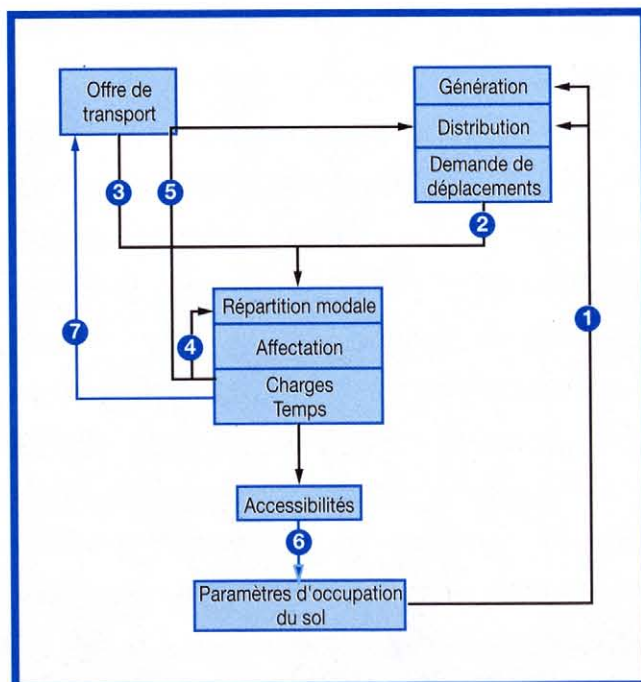
- Relation 7 : cette relation voudrait traduire les changements du système de transports provoqués, avec le temps, par les entreprises de transports publics et les collectivités, qui en réponse à la pression de la demande, développeront de nouveaux services de transports. Cette relation semble difficilement endogénéisable, et elle n'a pas été modélisée dans le présent modèle. Par contre, on peut envisager de simuler les besoins de financements publics qui résulteraient d'une adéquation de l'offre à la demande, en y connectant le modèle Quinquin.

Les principales entrées du modèle sont :

- les prévisions démographiques et économiques (actifs et emplois) par zone — ces variables exogènes permettent l'estimation des déplacements totaux en phase de génération,
- l'offre de capacité viaire et du réseau de transport en commun,
- la situation de concurrence modale entre la voiture particulière et les transports en commun, traduite sous forme d'un temps généralisé de parcours.

FIGURE 3

Structure générale du modèle.

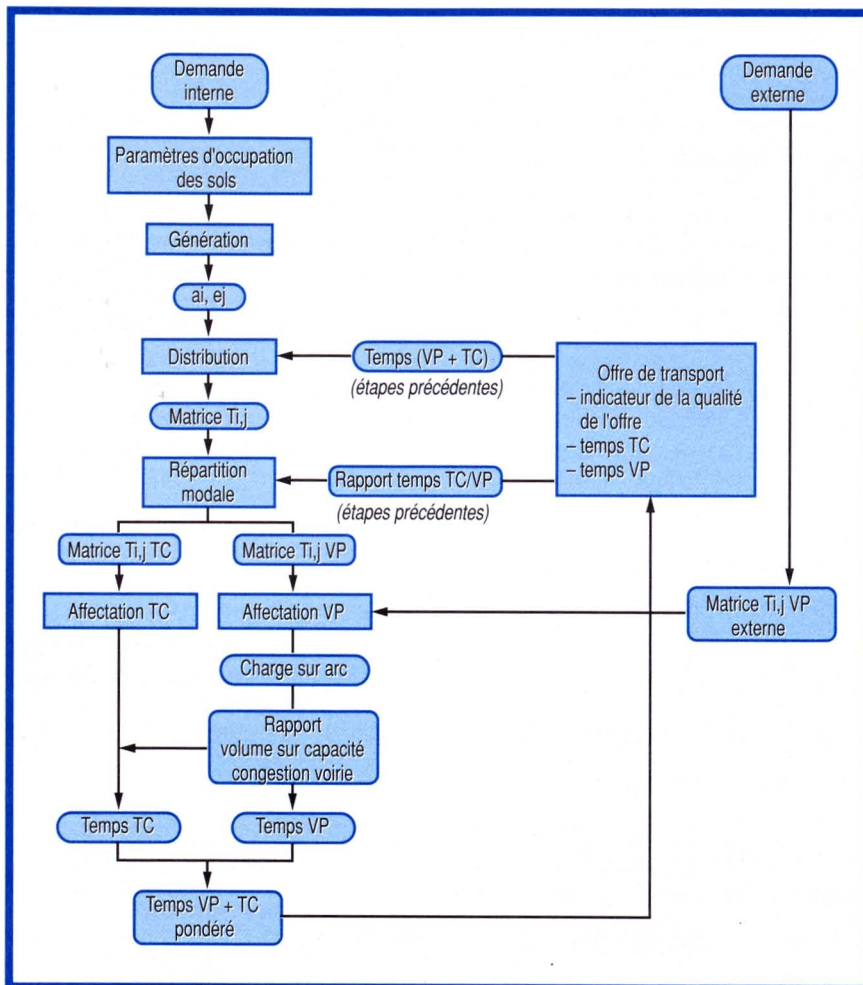


Les hypothèses et le calage des différents modules

La structure détaillée du modèle est exposée sur la figure 4. La demande externe est, dans l'état actuel, traitée de façon indépendante : elle résulte de la projection des taux de croissance passés des flux de cordons, puis est intégrée dans le modèle au niveau du module d'affectation ; les flux de cordons viennent alors s'ajouter aux flux d'agglomération sur les arcs concernés.

FIGURE 4

Organigramme détaillé de l'architecture du prototype actuel.



Comme nous le verrons, nous avons pris le parti de modèles relativement simples et robustes. Des hypothèses ont été choisies dans le cadre de ce prototype mais, compte tenu de son architecture assez souple, la plupart peuvent être remises en cause dans la réalisation du modèle opérationnel et certaines devront l'être.

La génération

Le module de génération est un simple modèle linéaire où les émissions et les attractions de chaque zone sont fonction des taux de croissance des emplois et des actifs (nous nous limitons ici aux déplacements domicile-travail et secondaires en heures de pointe du soir, c'est-à-dire en majorité des retours aux domiciles). Nous avons provisoirement supposé que le nombre de déplacements motorisés attiré par actif et émis par emploi

reste constant pour une zone donnée. L'évolution du nombre total de déplacements par zone est donc due à une relocalisation des actifs et des emplois et non à une évolution de la mobilité individuelle. Dans l'état actuel du prototype, nous avons prolongé la tendance passée d'évolution entre 1982 et 1990 des actifs et des emplois dans chaque zone.

Dans une hypothèse d'augmentation du temps généralisé de déplacement (congestion ou tarification), et avec une hypothèse de budget-temps transport constant, nous pourrions assister à une diminution du nombre de déplacements et éventuellement de leur longueur si la tarification se fait sur la durée ou la longueur des déplacements. Cela reviendrait à modifier l'étape de génération qui ne reposerait plus sur un nombre moyen de déplacements constant par actif ou emploi mais sur un budget-temps ou distance de déplacement

constant. Cependant il est tout aussi raisonnable d'envisager une certaine croissance du budget-temps, compte tenu de la réserve de congestion tolérable qui semble exister sur une agglomération comme celle de Lyon.

La distribution

Les déplacements émis $T_{i,j}$ sont distribués par un modèle de type gravitaire, variante du modèle gravitaire de base ; il intègre dans son expression la condition de fermeture des marges en émissions :

$$T_{i,j} = \frac{Em_i \cdot Att_j \cdot \exp(-\alpha \cdot c_{i,j})}{\sum_x Att_x \cdot \exp(-\alpha \cdot c_{i,x})}$$

Les $c_{i,j}$ sont des temps généralisés de parcours exprimés en minutes, résultat d'une moyenne entre les temps de parcours en voiture particulière et en transports collectifs, pondérés par leurs flux respectifs. $\alpha = 0,0798$ ($\approx 1/12$) caractérise la résistance plus ou moins grande au déplacement. Ce paramètre a été calé sur les données de 1990 (trente-neuf couples de zones ayant un flux supérieur à neuf cents déplacements, avec un r^2 de 0,63) et sa valeur est remarquablement proche de celle calée en région parisienne. Enfin cette matrice est corrigée de manière à respecter les conditions de fermeture des marges en attraction. La méthode des facteurs de correction est appliquée par balancement jusqu'à convergence.

La stabilité du facteur d'impédance par rapport au temps généralisé de déplacement n'est pas garantie au fil des années, de même que celle des coefficients correctifs. Cette stabilité devra être vérifiée au vu des données de la nouvelle enquête-ménage de Lyon.

La répartition modale

La répartition entre les modes de transports concurrents — voiture particulière et transport en commun — s'effectue en comparant les temps généralisés de déplacements par chacun de ces modes, selon une courbe établie empiriquement d'après les observations (base 1990). Il s'agit d'une courbe logit calée sur les flux de

zone à zone, en distinguant les relations entre les zones centrales (Lyon et Villeurbanne), pour tenir compte à la fois des difficultés et du coût de stationnement dans l'hypercentre, ainsi que de la qualité de l'offre radiale en transport public.

La part modale agrégée est expliquée par le rapport des temps moyens de parcours entre transport en commun et voiture particulière et le type de liaison concernée :

$$\text{Part}_{TC} = 1 / (1 + \exp(\alpha + \beta \cdot \text{RapportTemps} + \gamma \cdot \text{Liaison}))$$

avec Part_{TC} la part de marché des transports collectifs pour le couple de zones,

RapportTemps le rapport des temps moyens généralisés de parcours sur cette liaison zone à zone,

Liaison une variable binaire prenant la valeur 1 sur une relation centrale, 0 sinon.

Le choix d'une forme de courbe logit se justifie de manière classique par le fait que ce type de courbe permet de limiter aux marges l'effet des avantages relatifs entre modes sur les parts modales. Le choix d'un logit agrégé se justifie en outre par la recherche d'une certaine robustesse dans le calage, compte tenu du fait qu'il s'agit de prévisions à long terme et non à court terme. Ce type de courbe s'est révélé en effet remarquablement robuste entre les deux enquêtes déplacements de 1976 et 1986, mais calée sur les déplacements de l'ensemble de la journée, ce qui n'est pas le cas si l'on se limite à l'heure de pointe du soir. Cela s'explique par le fait que la répartition modale est largement conditionnée par l'organisation de la journée dès la sortie du domicile, et non spécifiquement par les conditions de transport à l'heure de pointe du soir. Ce souci de robustesse implique donc de s'interroger sur la période de comportement prise en compte, ici l'heure de pointe du soir.

Étant donné l'absence d'effet-prix dans les données existantes — la part du stationnement payant est inférieure à 4 % des déplacements sur la journée (enquête-ména-

ge de 1986) —, il n'y a pas de variable de prix dans le modèle de répartition modale. Cet effet-prix est actuellement intégré dans les scénarios de tarification sous forme d'un équivalent en temps, calculé sur la base d'une valeur du temps, ici soixante francs de l'heure.

L'analyse de la répartition modale a été limitée à deux types de modes, voiture particulière et transports collectifs, en ce qui concerne les déplacements domicile-travail. La structure flexible du modèle n'interdit pas d'enrichir progressivement le module de répartition modale par la prise en compte d'autres modes (combinaison de la voiture particulière et des transports collectifs, modes de proximité pour les autres motifs, etc.).

L'affectation

Le module d'affectation a pour objectif essentiel de fournir les éléments de rétroaction sur la répartition modale et les autres modules. Le graphe de la voirie est un graphe simplifié mais représentatif des conditions d'offre sur les liaisons de zone à zone, tant en voiture particulière qu'en transport en commun. Y sont décrites les capacités et les temps de parcours entre les dix-huit zones de l'agglomération. Le réseau a été construit par agrégation des infrastructures routières structurantes de l'agglomération.

La technique d'affectation adoptée est une affectation selon les plus courts chemins avec contraintes de capacité. La matrice des déplacements en voiture particulière est affectée en trois tranches successives, sur les plus courts chemins calculés en fonction du trafic déjà chargé sur le réseau. Une courbe débit-vitesse, calée sur 1990, donne la variation de la vitesse moyenne en fonction de la charge des relations entre zones.

De même le réseau des transports en commun a été modélisé de façon simplifiée sur la base de ses lignes structurantes. Dans la version actuelle, la vitesse des transports en commun de surface est fonction de la vitesse en voiture particulière et du niveau de congestion de la voirie.

Le fonctionnement en pas-à-pas et la prise en compte des rétroactions

Le mode de fonctionnement du modèle est un fonctionnement en pas-à-pas. Cette faculté a été intégrée dès le départ dans le modèle, même si elle n'a pas été complètement testée dans le cadre du prototype actuel. Deux arguments militent en faveur de ce mode de fonctionnement :

- il permet de suivre l'évolution des phénomènes année après année, ce qui évite de se retrouver confronté directement à la description d'une situation finale ; cela autorise l'observation de la dynamique d'évolution et de mieux comprendre comment on arrive à la situation finale,

- ce type de fonctionnement permet d'assurer une cohérence interne au modèle, d'un pas à l'autre ; en effet les temps de parcours issus de l'affectation à l'étape $n - 1$ permettent, conjointement à l'occupation des sols à l'étape n , de calculer la matrice de distribution à l'étape n .

Ce n'est donc pas un équilibre global du système de transport qui est recherché mais plutôt un cheminement cohérent. Ce cheminement tient compte de l'inertie dans les réponses comportementales. Ainsi une dégradation des conditions de déplacement en voiture particulière sur une liaison donnée ne produira pas immédiatement, et pour tous les déplacements concernés, un changement de mode ou de destination. L'inertie de la réponse dépend, comme nous le verrons, des activités concernées et des contraintes de localisation ou d'horaires qui peuvent peser sur le couple activité-déplacement. C'est ainsi que l'architecture du modèle permet de dissocier le pas temporel des rétroactions sur la distribution et sur le choix modal et ainsi d'introduire différents degrés d'inertie dans la réaction comportementale, en étalant le temps de réaction sur plusieurs années : par exemple un temps de réaction de cinq ans sur la distribution à l'étape n peut consister à faire réagir un cinquième de la demande à partir des temps moyens de zone à zone de l'étape $n - 1$, un autre cinquième à partir des temps de l'étape $n - 2$, et ainsi de suite jusqu'à $n - 5$.

L' utilisation du modèle

Le prototype permet d'ores et déjà de simuler des scénarios contrastés, afin de tester le fonctionnement du modèle et d'en évaluer la sensibilité. Avant d'en donner un exemple, il n'est pas inutile de rappeler que, compte tenu du caractère provisoire de certains modules et de la limitation aux motifs domicile-travail et secondaires, même si la part des autres motifs est prise en compte — comme constante — dans l'étape d'affectation, les résultats présentés ici restent fictifs. C'est plus en termes de tendance d'évolution impliquée par telle ou telle stratégie contrastée qu'il faut pour le moment considérer les résultats.

Nous confronterons à titre d'exemple un scénario de stationnement payant à une situation dite *au fil de l'eau* :

— le scénario *au fil de l'eau* correspond à la situation où aucun investissement n'est effectué en ce qui concerne la voirie ou les transports collectifs, et où aucune mesure de restriction de la circulation automobile n'est prise, ce qui revient à laisser la congestion réguler le système de transport,

— le scénario de stationnement payant consiste à généraliser ce paiement dans l'hypercentre et Lyon rive gauche (zones 1 et 2) ; à l'heure de pointe du soir, tout véhicule se rendant dans ou sortant de ces zones est supposé payer un stationnement d'un montant de trente francs.

Pour clarifier la présentation des résultats sur le plan spatial, les dix-huit zones sont regroupées en quatre zones plus grandes, qui sont le Centre (zones 1 et 2), le reste de

Lyon et Villeurbanne (zones 3 à 6), l'Ouest (zones 7, 18, 14, 17, 12 et 13) et l'Est (zones 8, 15, 10, 9, 11, 16).

Si l'on considère les résultats concernant le scénario *fil de l'eau* dans le tableau 1 et les figures 5, on constate, dans l'ordre :

— une baisse des flux de déplacements dans les zones du Centre et de Lyon-Villeurbanne,

— une hausse des flux de déplacements entre les zones périphériques (Est et Ouest) d'une part, et Lyon-Villeurbanne d'autre part,

— une hausse encore plus forte des flux internes aux deux grandes zones périphériques et des flux d'échange entre elles.

Cette évolution est le résultat, d'une part de l'injection dans le module de génération des tendances passées d'étalement des emplois et des actifs, d'autre part du jeu de la congestion dans Lyon-Villeurbanne. En effet, bien que la part de marché des transports collectifs régresse dans la plupart des zones, la conges-

TABLEAU 1

Comparaison, en indices, des trafics totaux et par mode, selon les deux scénarios pour l'année 2010.
RLV désigne le reste de Lyon — par opposition au centre — et Villeurbanne

	Part 1990	Scénario fil de l'eau*				Stationnement payant*			
	Flux totaux (%)	Flux de véhicules particuliers	Flux en transport collectif	Flux totaux	Évolution de la part du transport collectif 2010/1990	Flux de véhicules particuliers	Flux en transport en commun	Flux totaux	Évolution de la part du transport collectif 2010/1990
Centre-Centre	6	93	90	91	- 1 pt	66	149	123	+ 14 pts
RLV-RLV	16	76	77	76	0	84	85	84	0
Est-Est	16	162	141	160	- 1 pt	168	152	167	- 1 pt
Ouest-Ouest	10	144	122	142	- 1 pt	173	145	171	- 1 pt
Flux internes	48	125	95	120	- 4 pts	136	129	135	- 1 pt
Centre-RLV	14	82	82	82	0	72	88	80	+ 5 pts
Centre-Est	5	140	112	131	- 4 pts	123	105	117	- 3 pts
Centre-Ouest	5	172	119	159	- 6 pts	121	111	118	- 2 pts
Flux avec le centre	24	116	91	107	- 6 pts	96	94	95	- 1 pt
RLV-Est	14	121	131	122	+ 1 pt	124	134	125	+ 1 pt
RLV-Ouest	9	141	114	138	- 2 pts	112	115	112	0
Est-Ouest	4	193	98	191	- 1 pt	159	100	158	- 1 pt
Flux hors centre	27	140	124	138	- 1 pt	126	126	126	0
Total		128	97	122	- 4 pts	126	112	122	- 2 pts

* Base 100 pour l'année 1990.

tion fait que le rapport des temps généralisés entre transports collectifs et voiture particulière s'améliore au bénéfice des premiers, dans toutes les relations avec le Centre ou avec le reste de Lyon-Villeurbanne, excepté pour la relation Centre-Ouest (cf. tableau 2). Dans ce dernier cas, cela s'explique par la moins bonne connexion de l'Ouest au réseau de transports collectifs protégé et notamment au métro.

L'introduction du stationnement payant se fait en transformant ce coût en temps généralisé, grâce à une valeur du temps horaire fixée à soixante francs (taux de salaire horaire moyen), soit un équivalent en temps de parcours supplémentaire d'une demi-heure. Cette mesure est supposée mise en place dès l'année 1991 et les cases de la matrice des temps de parcours en voiture particulière de zone à zone sont incrémentées par ce temps, dès lors qu'une des deux zones centrales est concernée.

En ce qui concerne les liaisons internes au centre, l'inversion du rapport des temps généralisés est très nette (0,33 contre 1,71 dans le scénario *fil de l'eau*), puisque, compte tenu des temps de parcours moyens en voiture particulière dans ces zones centrales, la

pénalité du stationnement est extrêmement forte, surtout si on la compare à la performance du métro présent dans ces deux zones. C'est ce que l'on constate dans la très forte baisse des flux en voiture particulière dans le centre (66) et une très forte augmentation des flux en transports collectifs (149 contre 90 dans le cas du scénario *fil de l'eau*), se résumant en une augmentation des déplacements internes au centre (123). De même l'effet-métro joue dans les relations entre le centre et le reste de Lyon-Villeurbanne, puisque la baisse des déplacements en voiture particulière (72 contre 82) est compensée en partie par la hausse de ceux en transports collectifs (88 contre 82), ne produisant qu'une légère baisse des flux totaux (80 contre 82). D'une manière générale, tous les flux de déplacements d'échange avec le centre sont en baisse notable par rapport au scénario *fil de l'eau*.

Bien entendu, le jeu des interactions entre niveau de circulation en voiture particulière et compétition relative entre les deux modes module, à terme, le rapport des temps généralisés. C'est particulièrement le cas si l'on observe les flux de déplacements à l'intérieur du reste de Lyon-Villeurbanne. Le

rapport des temps généralisés s'y établit à 1,35 dans le cas du stationnement payant contre 1,25 pour le *fil de l'eau*. Cette dégradation de la compétitivité relative des transports collectifs s'explique aisément par la forte baisse de la circulation et donc le maintien de la vitesse automobile dans cette zone, consécutivement à la baisse du trafic d'échange de toute l'agglomération avec le centre. Cela entraîne *in fine*, par le jeu de la rétroaction sur la distribution des déplacements, un recentrage relatif de ceux-ci dans Lyon-Villeurbanne et une stagnation ou légère baisse des flux d'échange respectivement avec l'Est et l'Ouest : les flux de déplacements internes à cette zone de Lyon-Villeurbanne sont en augmentation, augmentation partagée entre les deux modes selon leurs poids respectifs.

Enfin et pour les mêmes raisons, les déplacements concernant l'Est ou l'Ouest ont tendance à s'y recentrer, avec une forte augmentation des flux internes dans chacune de ces zones. La différence est toutefois plus marquée pour l'Ouest que pour l'Est. Le rapport des temps généralisés vient là encore utilement nous éclairer. Celui-ci s'établit à 0,88 pour la relation Centre-Est, expression de la connexion relativement bonne au réseau de métro du centre de l'agglomération. De fait, l'augmentation des flux internes à l'Est se fait grâce à la voiture particulière, mais aussi aux transports collectifs, lesquels bénéficient d'un rapport de temps généralisé moins dégradé que dans le scénario *fil de l'eau* (1,77 contre 1,87). Par contre l'Ouest est moins bien connecté au réseau central protégé de transports collectifs, ce qui se traduit, par rapport au scénario *fil de l'eau*, à la fois par :

- une plus forte dégradation du rapport de temps généralisé, en interne (2,47 contre 2,10),
- une non inversion de ce rapport pour les échanges avec le centre (1,41 contre 1,71),
- une augmentation des flux internes en voiture particulière beaucoup plus forte (173 contre 144) qu'en transports collectifs (145

FIGURES 5

Représentation des flux de trafic entre grandes zones de l'agglomération pour les deux scénarios.

Base 100 pour l'année 1990.

RLV désigne le reste de Lyon — par opposition au centre — et Villeurbanne

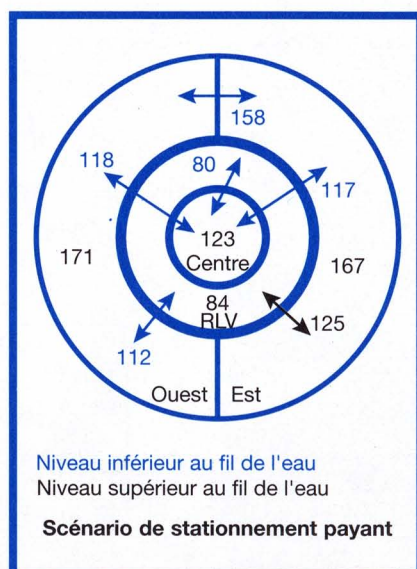
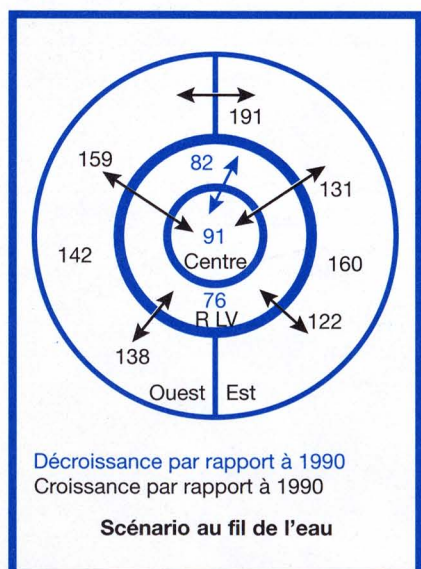


TABLEAU 2

Comparaison des rapports des temps généralisés transports collectifs/voiture particulière, selon les deux scénarios pour l'année 2010
RLV désigne le reste de Lyon — par opposition au centre — et Villeurbanne

	1990	Scénario fil de l'eau	Stationnement payant
Centre-Centre	2,00	1,71	0,33
RLV-RLV	1,40	1,25	1,35
Est-Est	1,97	1,87	1,77
Ouest-Ouest	1,97	2,10	2,47
Centre-RLV	1,56	1,39	0,81
Centre-Est	1,20	1,12	0,88
Centre-Ouest	1,65	1,71	1,41

Discussion du prototype et son évolution

Nous ne rappellerons ici que pour mémoire les critères de souplesse et de rapidité de mise en œuvre des simulations qui ont présidé aux choix techniques opérés. L'écriture des modules sous un logiciel de type tableur permet d'opérer rapidement des modifications mineures dans les interactions ou les paramètres du modèle, qu'il s'agisse des types de scénarios ou même des matrices de données initiales. Il est également toujours possible, moyennant un travail limité, et sans remettre en cause la structure du modèle, de modifier le zonage adopté.

L'autre critère important est relatif au contrôle des simulations opérées. Compte tenu du caractère ouvert du modèle paramétré sous tableur, il est possible d'explorer en détail les résultats des simulations : on peut analyser le détail des flux de déplacements dans la matrice origine-destination, les temps de parcours de zone à zone et par mode, les temps de parcours et niveaux de saturation par arc du réseau simplifié. En bref, on peut démontrer le mécanisme de production des résultats et analyser ainsi les différentes interactions entre localisa-

tions, flux de déplacements et offres modales : ces interactions peuvent certes apparaître frustes mais ont l'avantage d'être bien identifiées dans le modèle.

Les critères de rapidité et de contrôle, couplés au critère de maîtrise de l'incertitude, développé ci-après, impliquent le choix d'un nombre limité de zones. Ce nombre représente un compromis entre, d'une part une certaine pertinence de représentation de zones différentes quant à leurs profils de population, d'urbanisation, d'emplois et d'équipements, d'autre part une nécessité de relative précision statistique des données exploitées. Cette précision statistique dépend des bases de données disponibles et notamment de l'échantillonnage des enquêtes-déplacements.

Enfin la flexibilité de l'architecture du modèle permet de prendre en compte les modifications de sa structure causale. Ces modifications peuvent en effet provenir de l'approfondissement de tel ou tel mécanisme causal ou de l'ajout de nouvelles interactions. Le modèle existe donc

contre 122), ces derniers ne représentant que 8 % des déplacements en 1990.

Il va de soi que la description plus détaillée du fonctionnement de la simulation sur un tel scénario, à l'aide des nombreuses matrices de distribution, de temps de parcours et d'affectation, disponibles de manière transparente, nous entraînerait trop loin. Cependant nous pensons avoir montré, ne serait-ce que brièvement, les possibilités de contrôle offertes par la conception du modèle et son intérêt pédagogique.

sous une forme relativement ouverte permettant l'intégration technique d'améliorations ultérieures sans effort rédhibitoire. Il permet en outre une lisibilité des résultats que nécessite l'objectif pédagogique.

La pertinence de la structure du modèle

La structure causale du modèle doit être pertinente dans sa représentation des comportements micro-économiques et dans sa représentation des changements macro-économiques au cours du temps. C'est ainsi que deux dynamiques temporelles sont en jeu ici : une première dynamique relative à la logique des comportements des ménages et de leurs membres ; une seconde dynamique relative à l'horizon du modèle et aux changements sociétaux qui s'ensuivent.

La dynamique temporelle des comportements micro-économiques des ménages

Les remarques ci-dessous dressent à grands traits ce que nous savons de l'analyse des comportements de déplacement, ainsi que des choix résidentiels (pour une analyse bibliographique consulter [Raux et Andan, 1988]).

• Le choix résidentiel

Les analyses du choix de localisation résidentielle montrent l'importance du rôle joué par l'offre du marché immobilier. Certes des facteurs tels que la proximité du ou des lieux de travail des deux conjoints, l'attraction de la famille, de parents proches ou d'amis, les stratégies éducatives par rapport aux enfants, ou encore le modèle social de la maison individuelle, vont jouer, à des titres divers, un rôle dans les choix de localisation résidentielle. Mais bien souvent en dernière instance, les désirs seront médiatisés et concrétisés par une rationalité économique. En outre le modèle prégnant de l'automobile et de la multimotorisation explique que l'offre de transports semble jouer peu de rôle dans les choix de localisation résidentielle des ménages en banlieue et périphérie.

Enfin la stagnation actuelle du marché immobilier, les entraves d'ordre fiscal aux mutations de propriété, la fragilité économique de nombreux ménages, font que le lieu de domicile constitue une sorte de *point dur* dans l'organisation des activités, dont la localisation est peu susceptible de remise en cause à court ou moyen terme (moins de dix ans).

• Les localisations des activités

La règle majoritaire est peu ou pas de choix en ce qui concerne le lieu de travail, surtout dans la conjoncture actuelle : ce lieu de travail, quand il est fixe, forme un deuxième *point dur*, à côté du domicile, mais sur un horizon limité à cinq ans. Quand l'entreprise déménage, l'employé est bien souvent contraint de suivre s'il veut conserver son emploi. Les moyens de transport devront s'adapter coûte que coûte.

Par contre en ce qui concerne l'école, la concurrence public/privé et l'assouplissement de la carte scolaire aboutissent à une relative liberté de choix. Au niveau du lycée, la stratégie de spécialisation spatiale par options de l'Éducation nationale impose des choix aux élèves avec parfois des déplacements longs, compte tenu des stratégies parentales d'éducation. Ces dernières peuvent impliquer des pratiques parentales d'accompagnement pour réduire la fatigue des enfants.

La liberté de choix caractérise également les achats et autres déplacements (loisirs) : la concurrence est forte entre magasins spécialisés dotés d'une forte accessibilité centrale et magasins généralistes, de proximité ou non, dotés d'une bonne accessibilité en voiture et en périphérie. La voiture reste l'outil et le critère de choix souvent prédominant, ne serait-ce que pour transporter les paquets ou la famille.

• Les rythmes temporels

Ils sont une composante essentielle de la formation de congestions résultant de la rareté d'espaces offerts à une demande concentrée dans le temps. La flexibilité est limitée en ce qui concerne le travail et l'école, les individus ayant en général assez peu de prise sur leurs horaires concernant ces activités. Par contre cette flexibilité est assez forte en ce qui concerne les achats ou loisirs, ces activités pouvant être assez librement planifiées sur l'ensemble de la semaine.

• Le choix du mode de déplacement

Le choix du mode de déplacement pourrait être caricaturé par la *voiture, tant que c'est possible*. Le faible coût relatif d'usage de ce mode, si l'on considère la souplesse qu'il offre et le peu de contraintes pesant sur le stationnement dans les agglomérations de province en dehors des hypercentres denses, expliquent tout à fait ces préférences. La voiture fait partie des normes du mode de vie, sauf dans les zones centrales denses. On peut même dire que les choix de localisation résidentielle en périphérie induisent une captivité par rapport à la voiture.

La captivité classique au transport collectif est en baisse : l'accès des femmes à la voiture particulière, et la population scolaire en baisse dans une population vieillissante, sont autant de défis posés aux transports collectifs. Peut-être de nouvelles formes de captivité sont-elles à inventer à travers des politiques de stationnement, de concurrence pour la voirie entre transports collectifs et voiture particulière ou encore de tarification qui changent les données de coûts relatifs d'usage entre modes privés et modes collectifs.

La dynamique sociétale liée à l'horizon temporel du modèle

La dynamique liée à l'horizon du modèle va faire évoluer le contexte socio-économique dans lequel s'opèrent les choix de mode de vie des ménages, et progressivement remettre en cause certaines contraintes ou tendances lourdes.

Ainsi la conjoncture économique en général, et immobilière en particulier, peut évoluer dans le sens d'une redynamisation du marché immobilier, rendant possible pour les ménages de nouvelles proximités entre leur résidence et leurs lieux de travail ou de formation.

En ce qui concerne les localisations d'activités, des incertitudes pèsent bien sûr sur l'évolution des emplois en général et selon les différentes zones de l'agglomération en particulier, mais aussi sur les localisations de surfaces commerciales et celles des établissements scolaires avec leurs spécialisations.

Ce sont surtout les rythmes temporels de déplacement qui sont susceptibles des plus fortes évolutions : le travail peut faire l'objet d'une flexibilité croissante des horaires et du développement du temps partiel, d'où un étalement ou écrêtement des pointes. Rappelons que la part du travail dans les motifs de déplacement est en décroissance sur les dernières enquêtes-déplacements de l'agglomération lyonnaise.

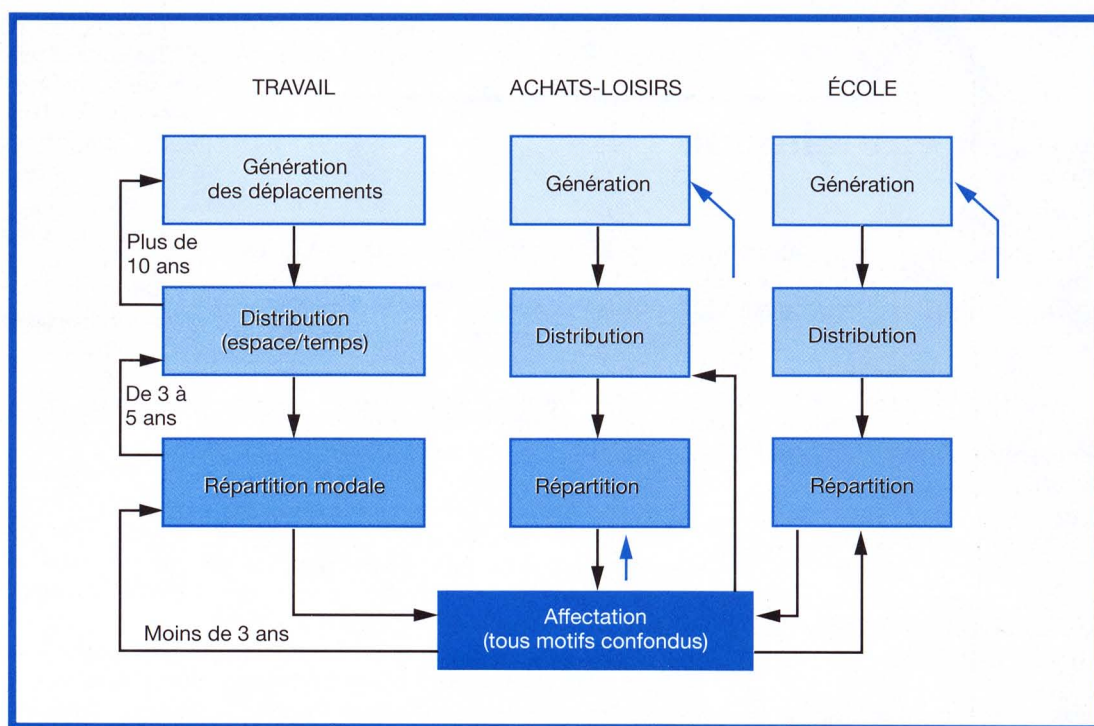
Les rythmes scolaires restent quant à eux largement dépendants de la politique suivie par l'Éducation nationale en général et par les établissements en particulier, dans l'aménagement de leurs horaires. Cela représente un enjeu pour l'écrêtement des pointes dans les réseaux de transports collectifs.

Enfin l'évolution des rythmes temporels des déplacements d'achats doit prendre en compte à la fois le développement de congestions le week-end aux abords des surfaces commerciales, mais aussi la possibilité d'extension des ouvertures au dimanche.

Les choix modaux seront probablement guidés par la pérennité du

FIGURE 6

Décomposition du modèle en trois motifs.



modèle de la motorisation particulière, mais le développement de pratiques multimodales, provoqué par des politiques moins favorables à l'automobile que par le passé, peut provoquer un découplage entre augmentation de la motorisation et augmentation de la mobilité en voiture particulière. Avec quelle ampleur se fera ce développement ? Cela dépend beaucoup de la qualité de l'offre en transports collectifs, et des interfaces entre voiture particulière et transports collectifs.

Décomposition en étapes et traitement par motif

Cette analyse valide donc la décomposition du modèle en étapes mais surtout avec des traitements différents selon les motifs.

Les flux origine-destination sont constitués de deux grandes étapes :

- génération (besoins de déplacement), puis distribution (destinations des déplacements),

- répartition modale, fonction de la qualité de desserte entre origines et destinations et des choix de motorisation, puis affectation, qui se

traduit par un télescopage entre les différents trafics.

Les différences dans la structure causale vont jouer au niveau des rétroactions selon les motifs (cf. figure 6) : par exemple, pour le motif achats et loisirs, les rétroactions les plus importantes portent d'abord sur la distribution, puis sur la génération. En outre, les courbes de génération, distribution et répartition modale sont à caler spécifiquement pour chaque motif.

Pour une maîtrise pragmatique de l'incertitude

Cet ensemble d'incertitudes qui pèse sur l'évolution des comportements aurait de quoi décourager. Cependant des analyses *ex post* des prévisions des modèles de demande [MacKinder et Evans, 1981] montrent que ces modèles ne marcheraient pas trop mal, si l'on n'avait pas fait de grossières erreurs de prévision sur l'environnement exogène du modèle : il s'agit notamment des hypothèses de croissance démographique et de croissance économique. De ces analyses nous tirons les conclusions que :

- il faut être vigilant sur les hypothèses d'évolution démographique des différentes zones de l'agglomération — croissance démographique (par solde migratoire surtout), évolution des différentes classes d'âge (jeunes scolaires, lycéens et étudiants, adultes actifs, retraités), phénomènes de cohabitation ou décohabitation entre jeunes et parents, stabilisation des migrations péri-urbaines, vieillissement sur place, etc.

- c'est également le cas pour la croissance économique, ses impacts sur les revenus, sur la motorisation et *in fine* sur la mobilité mécanisée et en voiture particulière.

Un ensemble d'incertitudes pèse donc sur l'évolution des flux de déplacements et sur celle des choix modaux, qui amène à prôner deux attitudes :

- tester la sensibilité du modèle à des divergences d'évolution de ces facteurs socio-économiques,

- adopter une sorte de principe de précaution sur la base d'hypothèses haute et basse d'évolution et de leurs conséquences en termes stratégiques sur le système de transport.

C

onclusion

En conclusion, nous pouvons rappeler les grands principes du modèle stratégique. Il repose sur :

- une représentation globale de la demande et de l'offre de transport (découpage limité et description représentative des conditions d'offre de zone à zone),
- des modules isolés robustes,
- un assemblage innovant avec la prise en compte explicite de rétroactions,
- un fonctionnement en pas à pas.

Ce prototype de modèle stratégique a été développé sous certaines contraintes, contrainte de rareté des ressources, contrainte de limite de temps, ainsi que des contraintes de disponibilité des données. Ce prototype, tel qu'il existe, n'est pas optimisé. Il doit faire l'objet, d'une part d'améliorations, de certains de ses modules notamment, d'autre part d'enrichissements, en particulier par la prise en compte des autres motifs de déplacement que ceux que nous avons considérés. En outre, l'enquête-déplacements de 1995 sur l'agglomération lyonnaise, permettra d'effectuer un travail de validation des différentes lois de comportements adoptées.

Trois points devraient particulièrement requérir notre attention :

- les tests de sensibilité du modèle à diverses variations des calages statistiques opérés doivent être menés pour mieux délimiter la robustesse et le domaine de validité du modèle ; il conviendra en outre, comme évoqué plus haut, de tester la sensibilité du modèle à des hypothèses contrastées de croissance économique et de développement urbain,
- l'incertitude sur l'évolution des rythmes temporels montre qu'il serait souhaitable de travailler sur la journée et de faire des hypothèses sur les concentrations des déplacements

en cours de journée selon les motifs, puis différentes hypothèses sur les évolutions de ces concentrations à long terme,

- l'architecture de l'actuel prototype permettrait d'ores et déjà d'introduire une rétroaction exercée par le fonctionnement du système de transports sur l'occupation du sol, à travers le module de génération ; nous ne l'avons pas fait en l'absence de validation scientifique d'une telle démarche ; il semble plutôt que l'effet de l'état du système de transport sur l'occupation du sol soit largement médiatisé par d'autres facteurs socio-économiques, comme la conjoncture économique et immobilière, le jeu des acteurs du développement urbain, les stratégies des entreprises, les modèles sociaux de l'habitat, etc. ; nous proposons pour le moment la réalisation d'un module d'accessibilité, la structure flexible du modèle permettant d'intégrer ultérieurement un module d'interaction.

La structure du modèle, qui repose sur une architecture ouverte et sur les principes de rapidité, souplesse et flexibilité, offre la possibilité de développer ou de connecter d'autres modules :

- un module de financement (couplage avec le modèle QuinQuin du besoin de financement public des transports collectifs sur l'agglomération lyonnaise),
- un module d'accessibilité,
- un module d'émission de nuisances,
- un module de déplacements externes à l'agglomération.

En outre les besoins limités en données de ce modèle ne forment pas un obstacle à sa mise en place dans les agglomérations disposant de données d'enquête-déplacements. Enfin ce modèle, même s'il doit encore largement faire ses preuves, est l'occasion d'avancées méthodologiques et de poser de nouvelles questions, notamment relatives à l'interaction entre offre de transport et usage des espaces urbains.

Remerciements

Cette recherche a été financée par la Direction de la recherche du ministère des transports (PREDIT décision d'aide n°94 MT 0025 ; LET-SEMALY, 1995) et le Grand Lyon. Elle a bénéficié du soutien du comité de pilotage et notamment de MM. Jarrige (DRE Rhône-Alpes) et Cunin (DDE du Rhône). Cependant le contenu de cet article n'engage que ses auteurs. La deuxième phase, qui démarre, fait l'objet d'une collaboration avec l'INRETS (Bruno Faivre d'Arcier).

Bates J., Brewer M., Hanson P., McDonald D., Simmonds D. – Building a strategic model for Edinburgh, *PTRC summer annual meeting*, septembre 1991.

Bonnafous A. – Simulation du financement du transport urbain : le modèle QuinQuin, *Transports urbains*, n° 54, janvier-mars 1985.

Bouf D. – Un nouvel instrument d'analyse stratégique pour la RATP : le modèle Gros QuinQuin, *Thèse*, Université Lumière-Lyon2, Laboratoire d'économie des transports, 1989.

Jones D., May T., Wenban-Smith A. – Integrated transport studies: lessons from the Birmingham study, *Traffic Engineering & Control*, p. 572-576, novembre 1990.

LET/SEMALY – Prototype de modèle stratégique de simulation des déplacements : application au cas de l'agglomération lyonnaise, *Rapport pour le PREDIT*, Laboratoire d'économie des transports, Lyon, 122 p., 1995.

May A. D., Roberts M., Holmes A. – The development of integrated transport strategies for Edinburgh, *PTRC summer annual meeting*, septembre 1991.

McKinder I. H., Evans S. E. – The predictive accuracy of British transport studies in urban areas, *LGORU Working Note*, n° 20, 1981.

Oldfield R. H. – A Strategic Transport Model for the London Area, *Transport Research Laboratory, Research Report 376*, Crowthorne, Grande-Bretagne, 1993.

Ortuzar J. (sous la direction de) – Simplified transport demand modelling, *Rapport PTRC*, 153 p., 1992.

Raux C., Andan O. – Les analyses des comportements de mobilité individuelle quotidienne, une synthèse bibliographique, *Rapport pour le SERT*, Laboratoire d'économie des transports, Lyon, juillet 1988.

Raux C., Tabourin E. – Congestion et crise du financement des transports à Lyon : vers un péage urbain ? In Raux C., Lee-Gosselin M. (sous la direction de) : *La mobilité urbaine, de la paralysie au péage ?*, Éditions du PPSH, Lyon, 1992.

Skinner A., Haynes C. – Birmingham City Centre Transportation Model, The concept, development and use of a multi-mode transportation model, *Traffic Engineering & Control*, Vol. 33, n° 12, décembre 1992.

Tabourin E. – Un modèle de simulation du financement des transports collectifs urbains en l'an 2000 : le modèle QuinQuin, Application à l'agglomération lyonnaise, *Thèse*, Université Lumière-Lyon 2, septembre 1989.

Résumé

Les modèles stratégiques de transports urbains ont pour principe de fonctionner avec un nombre réduit de zones (de l'ordre de la dizaine), une représentation de l'offre de transport sous la forme de relations flux-vitesse entre zones et la prise en compte de la rétroaction de l'état de l'offre (congestion) sur la demande. Le modèle stratégique présenté ici se différencie principalement par l'accent explicitement mis sur ces rétroactions et notamment leurs différentes natures selon les motifs des déplacements, ainsi que par la possibilité de fonctionnement pas-à-pas, permettant de tester le comportement du système modélisé au cours du temps. Ce modèle existe aujourd'hui à l'état de prototype sur l'agglomération lyonnaise, sa version complète étant en cours de réalisation. Cet article traite donc surtout des questions méthodologiques : conception générale et architecture du modèle, exemple d'utilisation. La discussion du prototype, confronté aux nombreux facteurs d'incertitude pesant à long terme sur l'évolution du système urbain, permet de proposer un cadre de développement tendant vers une maîtrise pragmatique de cette incertitude.

Abstract

A fundamental principle of strategic urban transportation models is that they are based on a limited number of zones (ten or so), a representation of transport supply in the form of speed-flow relationships between different zones and the retroactive effect of the state of supply (congestion) on demand. Essentially what distinguishes the strategic model which is presented here the explicit attention which is paid to these retroactive effects, in particular the way their nature differs according to trip purpose, as well as their step-by-step operation which makes it possible to test the short term behaviour of the modelled system. This model already exists in the prototype stage for the Lyon conurbation, and a full version is in the process of being developed. This paper therefore deals mainly with methodological issues: general design and architecture of the model, and an example of use. Examination of the prototype, which is conducted with reference to a large number of factors of uncertainty which affect the long term change of the urban system, has allowed us to suggest a development framework which will contribute to overcoming this uncertainty in practice.